



JP62184585

Biblio

Page 1

esp@cenet**POINT PATTERN COLLATING METHOD**

Patent Number: JP62184585
Publication date: 1987-08-12
Inventor(s): SHIMA YOSHIHIRO; others: 01
Applicant(s):: HITACHI LTD
Requested Patent: ☐ JP62184585
Application Number: JP19860025871 19860210
Priority Number(s):
IPC Classification: G06K9/62
EC Classification:
Equivalents: JP1998119C, JP7027560B

Abstract

PURPOSE: To collate a point pattern at high speed by providing two point patterns into two-dimensional blocks, collating them respectively, finding the positions of similar blocks, and retrieving a coincident point limiting a point to the point belonging to the block corresponding to the position.

CONSTITUTION: A dictionary point Q1 and an object point P1 are overlapped, and degree of coincidence between an object point II and a dictionary point XSI is found. First of all, a distance of each pair of points {P1, Q2}, {P2, Q2}, and {P3, Q2} against a dictionary point Q2 is calculated, and $\epsilon\{1, 1; P1, Q2\}$ is set as the minimum. Similarly, respective distance of the pair of points against a dictionary point Q3 is calculated, then the minimum pair of points is found. At such a time, the sum of the minimum distances is as follows; $S1, 1 = \epsilon\{1, 1; P1, Q2\} + \epsilon\{1, 1; P3, Q3\}$. Such a sequence of process is applied on $i=2$ and 3, and $j=2$ and 3, and in a registration position between P_i and Q_j that becomes minimum out of the sum of the minimum distances (s) (i, j), but both of (i) and (j) are 1-3, the set of object points in the pair of points which become the minimum distance coincides with the dictionary pattern XSI most similarly.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-184585

⑬ Int.Cl.⁴

G 06 K 9/62

識別記号

庁内整理番号

J-6972-5B

⑭ 公開 昭和62年(1987)8月12日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全15頁)

⑮ 発明の名称 点パターン照合方法

⑯ 特 願 昭61-25871

⑰ 出 願 昭61(1986)2月10日

⑱ 発 明 者 嶋 好 博 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑲ 発 明 者 柏 岡 誠 治 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉑ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

発明の名称 点パターン照合方法

特許請求の範囲

1. 2つの点集合からなるパターンについて、どの点同士を対応させれば一致するのかを求める照合の方法であつて、2つの点集合より各々特定の点を選択する手段と、該点間の距離計算を行う手段とより成る点パターンに対する照合方法において、各々の点集合をブロックに分割する第1のステップと、一方の点集合の各点に対応する他の点集合の点を探索する第2のステップからなり、第2のステップにおいては、一方の点の属するブロックに対応する他方のブロックに属する点のみを探索することとを特徴とする2つの点集合からなるパターンの照合方法。
2. 特許請求の範囲第1項で、第1のステップにおいては一方の点集合については各点を互いに隣接する複数のブロックに属するようにすることとを特徴とする2つの点集合からなるパターンの照合方法。

(1)

3. 特許請求の範囲第1項において、ブロック単位に照合を行うステップを設け、2つの点集合からなるパターンが一致する位置をブロックの大きさを単位とした座標形式で検出することを特徴とする点パターンの照合方法。
4. 特許請求の範囲第1項において、2つの点パターンに対して重ね合わせる点の範囲を対応するブロックに分類された点に限定して重ね合わせを行うステップを設けたことを特徴とする点パターンの照合方法。
5. 特許請求の範囲第1項において、2点間の距離の最小値と、予め設定している所定値との大小を比較するステップと、該所定値より大きくなる点の個数を計数し、該計数値があるしきい値を越えると、距離計算を中止し、次の点同士の重ね合わせの組み合わせに移行するステップとを設けたことを特徴とする点パターンの照合方法。

発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は、図形データベース、画像データベ

(2)

スの検索に係り、特に点の2次元的な空間の配置をキーとする高速検索に好適な点パターン照合方法に関する。

〔発明の背景〕

2枚の画像を照合することは、リモートセンシング画像における特定領域の探索や、文書画像や医用画像データベースの検索において、広く用いられることが期待されており、これらは文献、尾上、坂内：“画像データベース（総論）”昭56年電気四学会連合大会35-1, pp. 5-96~5-99（昭56）及び坂内、大沢：“画像データベースにおけるデータ表現・管理方式”電子通信学会論文誌(D)'85/4 Vol. J 68-D, No 4, pp. 194-201（昭60-04）に記載されている。

この2枚の画像を照合する際に、例えば、同一の情景を写した2枚の画像が、異なった入力センサによつて得られる場合や、異なった時間に撮像された場合がある。その場合、画像の濃淡値が異なったり、幾何的な位置ずれ、歪が発生している。

(3)

(Nase, M., Miyotaka, T., Kashioka, S., Ejiri, M., Yamazaki, I. and Hamada, T.: "An automatic position recognition technique for LSI assembly" Proc. 5th Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence, pp. 685-693, (Aug. 1977).) でみられるように、半導体の薄片（チップ）の位置を検出することに、この特徴点からなる点パターン同士の照合が利用されている。

しかしながら、このような特徴点からなる点パターン同士の照合では、特徴部分の個数が増加すると、照合に要する時間が大幅に増大するという問題があり、この問題点については配慮されていなかった。

〔発明の目的〕

本発明の目的は2つの点パターンに対して一致する点の対を求めるという点のパターンの照合を高速化する有効な方法を提供することにある。

〔発明の概要〕

この方法は、先ず、2つの点パターンを二次元

(5)

そのため、通常の図素同士の照合を行う方法では、これらの変動の影響を受けやすく、この図素ごとの照合は実質的でない。そのため、画像の部分的な特徴、例えばエッジやコーナなどを、各画像から抽出し、これらの特徴点からなるパターン（これを点パターンと呼ぶ。）を生成し、この点パターンにおいて、パターン同士の照合を求めることが行われるようになった。

例えば、文献、ローゼンフェルド、ダンケル
“点パターンマッチングのある実験” IEEE トランザクション、システムと人間とサイバネティクス Vol. SMC-10, No 2 (1980, 2月)
(Kahl, D.J., Rosenfeld, A., and Danker, A.:
“Some Experiments in Point Pattern Matching”
IEEE Trans. on System, Man, and Cybernetics
Vol. SMC-10, No 2 (February 1980) でみられるように、地図上で目標とする都市を探索したり、文献、目録、宮武、柏岡、江尻、山崎、浜田
“LSI組立の自動位置認識技術”第5回国際合同会議、人口知能 p 685~693 (1977, 8月)
(4)

のブロックに分割し、各ブロックにそれぞれの点を分類する。次いで、このブロックに属する点の個数を要素として、ブロック単位に照合を行い、類似するブロックの位置を求める。そして、この位置において対応するブロックに属する点に限定して、一致する点を探索する。

〔発明の実施例〕

以下、本発明の一実施例を第1図により説明する。第1図は、点パターンの照合において対象とした点のパターンの例を示している。また第2図は予め辞書として用意している点パターンの例であり、これは、検索におけるキーとなる点パターンである。

まず、点パターン照合法の基礎事項を説明する。

点パターン照合法は、対象とする点パターンに対して、辞書点パターンとできるだけよく一致する点の集合を対象点パターン Π から求める方法である。ここで、第3図(a)に示すように対象点パターンを $\Pi: P(1), P(2), \dots, P(m)$ とし、その対象点パターンの点数を m 個とする。対象点 P

(6)

(i)の座標を $(X(i), Y(i))$ とし、このiを対象点番号と呼ぶ。また、第3図(b)に示すように、辞書点パターンを $E: Q(1), Q(2), \dots, Q(n)$ とし、その辞書点パターンの点数をn個とする。また、辞書点 $Q(j)$ の座標を $(x(j), y(j))$ とし、このjを辞書点番号と呼ぶ。

点パターン照合の方法としては、文献、ローゼンフェルド、ダンケル“点パターンマッチングのある実験”IEEE トランザクション、システムと人間とサイバネティクス Vol. SMC-10, No 2 (1980, 2月) (Kahl, D.J., Rosenfeld, A., and Danker, A.: “Some Experiments in Point Pattern Matching” IEEE Trans. on System, Man, and Cybernetics Vol. SMC-10, No 2

(February 1980).)に記載されているように、(1) 辞書点パターンからある点を取り、この点と対象点パターン内のある点を重ね合わせ、その時の他の点同士の一一致の程度をみる方法や、さらに、(2) 辞書点パターンから二つの点を取り、これらの点を結ぶ線分を求める。また、対象点パ

(7)

これらの移動量は次式で表される。

$$\begin{aligned}\Delta x(i, j) &= x(j) - X(i) \\ \Delta y(i, j) &= y(j) - Y(i)\end{aligned}\quad \dots (1)$$

次いで、この点対 $(P(i), Q(j))$ を重ね合わせた時、おのおのの点 $Q(k)$ (但し、 $k=1 \sim n$, $k \neq j$) に対して、点対 $(P(h), Q(k))$ の間の距離を求める。今、ステップ401においてこの距離を $e(i, j; P(h), Q(k))$ とすると、次式で表される。

$$\begin{aligned}e(i, j; P(h), Q(k)) &= \{(X(h) - x(k) + \Delta x(i, j))^2 \\ &\quad + (Y(h) - y(k) + \Delta y(i, j))^2\}^{1/2}\end{aligned}\quad \dots (2)$$

なお、 $k=j$ の場合は、後述する最小値は零値となることが自明であるため、上式を実行する必要はない。

さらに、次の手順として、これらの距離の内、 $h=1 \sim m$ において、最小値となる距離をもつ対象点パターン Π の点を点 $Q(k)$ によく一致する点とする。今、ステップ402に示すように、対象点 $P(h)$ と辞書点 $Q(k)$ との距離が最小の距離と

(9)

ターンからも二つの点を取り、同様に線分を求める。これら二つの線分を重ね合わせ、その時の他の点同士の一一致の程度をみる方法、等がある。

(1)の方法は、おもに点パターンに位置ずれ(平行ずれ)がある場合に有効な基本的な方法である。一方、(2)は2点を結ぶ線分を重ね合わせるため、点パターンに大きな回転ずれがある場合に有効である。

本発明では、特に、基本的な方法である(1)の方法について、点パターン照合法の高速化方式を提供する。ここで、提案する高速化方式をさらに(2)の方式に適用することは容易である。

ここで、(1)の点パターン照合法の手順を第4図に示すが、この手順はまず、辞書点パターン E のおおのの点 $Q(j)$ (但し、 $j=1 \sim n$) に対して、対象点パターン Π の点 $P(i)$ (但し、 $i=1 \sim m$) を取り、この点 $Q(j)$ を $P(i)$ と重ね合わせるように辞書点パターン E を平行移動する。今、ステップ400においてx方向及びy方向への移動量を $\Delta x(i, j)$, $\Delta y(i, j)$ とすると、こ

(8)

なりとし、その時の対象点番号を $h=h'(k; i, j)$ とする。この対象点番号 $h'(k; i, j)$ の添字 i, j は、辞書点 $Q(i)$ を対象点 $P(j)$ と重ね合せていることを表し、また添字 k は距離計算をこの対象点と辞書点 $Q(k)$ との間で行うことを示している。この最小距離を $e'(i, j; P(h'(k; i, j)), Q(k))$ と記述すると、この距離は次式を満たす。

$$e'(i, j; P(h'(k; i, j)), Q(k)) = \min_{h=1 \sim m} \{e(i, j; P(h), Q(k))\} \quad \dots (3)$$

さらに、ステップ403で示すようにおのおのの点 $Q(k)$ に対して、次式で表す最小距離の和 $S(i, j)$ を求める。

$$S(i, j) = \sum_{k=1}^n e'(i, j; P(h'(k; i, j)), Q(k)) \quad (4)$$

但し、 $1 \leq k \leq n$ とする。

最後に、各点対 $(P(i), Q(j))$ の組合せに対して、この最小距離の和が最小となる点対において、対象点パターン Π と辞書点パターン E が最も一致するとする。今、ステップ404で示すよ

(10)

うに $i = i_0$, $j = j_0$ において最小距離の和 $S(i, j)$ が最小になる (その値を S') とすると、次式が成立つ。

$$S(i_0, j_0) = \min_{i=1 \sim m, j=1 \sim n} \{S(i, j)\} \quad \dots (5)$$

この時、辞書点パターン Ξ の各点 $Q(j)$ に対してもつとも一致する対象点パターン Π の点は、 $P(h'(j; i_0, j_0))$ で表される。

第6図は、点パターン照合法の処理過程の一部の説明例である。ここでは、第6図(a)に示すように対象点パターン $\Pi: P(1), P(2), P(3)$ とし、その点数は $m = 3$ である。また、第6図(b)に示すように辞書点パターン $\Xi: Q(1), Q(2), Q(3)$ とし、その点数は $n = 3$ である。第6図(c), (d) は辞書点 $Q(j)$ を平行移動させ、対象点 $P(i)$ と合せた場合の過程を示している。この時、2つの点パターンの点を一致させる場合の選択の組合せを図5に示す。例えば、 $j = 1$, $i = 1$ の場合、辞書点 $Q(1)$ と対象点 $P(1)$ とを重ね合せ、対象点パターン Π と辞書点パターン Ξ

(11)

るのは、対象点が消滅している場合や、余分な対象点があつても辞書点と一致する対象点を求めるためである。

点パターン照合法の処理時間のうち、(2)式で示した点対 $\{P(h), Q(k)\}$ の距離計算に多くの時間を要すると考えられる。ここで、対象点 (個数 m 個) と辞書点 (個数 n 個) とを重ね合わせる場合の組合せが、(5)式から分かるように、 $m \times n$ 通りである。さらに、この重ね合せた辞書点を除く他の辞書点 (個数 $n - 1$ 個) に対して、すべての対象点との点対を、距離計算のために選択する場合の数が (2)(3)式を基に、 $(n - 1) \times m$ 通りある。このため、点パターン照合法におけるこの距離計算の回数 T_0 は、対象点の個数 m と辞書点の個数 n を用いて次式で与えられることになる。

$$T_0 = n(n - 1)m^2 \quad \dots (6)$$

この式より、対象点もしくは辞書点の個数の自乗に距離計算の回数は比例することが分かる。従つて、対象点の個数或いは辞書点の個数が増大す

(13)

との一致の程度を求めるもので、先ず辞書点 $Q(2)$ に対して点対 $\{P(1), Q(2)\}$, $\{P(2), Q(2)\}$, $\{P(3), Q(2)\}$ のそれぞれの距離を算出し、これらの内で距離が最小となる点対を求める。ここで説明のため $\epsilon(1, 1; P(1), Q(2))$ が最小となるとする。また、同じく、辞書点 $Q(3)$ に対しても点対 $\{P(1), Q(3)\}$, $\{P(2), Q(3)\}$, $\{P(3), Q(3)\}$ のそれぞれの距離を算出し、これらの内で距離が最小となる点対を求める。ここで説明のため $\epsilon(1, 1; P(3), Q(3))$ が最小となるとする。この時、最小距離の和は $S(1, 1) = \epsilon(1, 1; P(1), Q(2)) + \epsilon(1, 1; P(3), Q(3))$ となる。この一連の処理を、 $i = 2, 3$ と $j = 2, 3$ に対しても行い最小距離の和 $\epsilon(i, j)$ 、但し $i = 1 \sim 3$, $j = 1 \sim 3$ のうち最小となる $P(i)$ と $Q(j)$ との重ね合せの位置において、上述の最小距離となった点対における対象点の集合が最も辞書点パターン Ξ と一致するとしている。なお、対象点側で重複を許して距離計算の点対を選択してい

(12)

ると、点パターン照合法に要する時はほぼ、個数の自乗に比例して増大することになる。例えば、対象点の個数 $m = 500$ 、辞書点の個数 $n = 50$ とすると2つの点の間の距離計算の回数 T は上式より、 $T_0 = 6.25 \times 10^8$ となる。今、(2)式で示した2つの点間の距離計算を汎用の大型計算機を用いて実行するとし、この距離計算に要する時間を $\tau_1 = 10^{-5}$ (秒) とする。この距離計算に要する総和時間は、 $T_0 \cdot \tau_1 = 6.25 \times 10^3$ (秒) となる。また、乗算器よりなる専用の距離計算回路を用いるとし、その距離計算時間を $\tau_2 = 0.5 \times 10^{-6}$ (秒) としても、距離計算に要する総和時間は $T_0 \cdot \tau_2 = 3.13 \times 10^3$ (秒) となる。この計算時間は膨大な時間であり、従つて点パターンの個数が増えるにつれ、実用上から点パターン照合法の高速化が必要となる。

点パターン照合法において2つの点間の距離計算の回数は、対応する対象点及び辞書点の組合せの数に依存する。従つて、この距離計算の回数を削減する新しいブロック分類型の点パターン照合

(14)

法を考案した。

ここでは、点パターンのデータ形式に関して対象点及び群番点は(第7図)に示すように各点ごとに横方向座標と縦方向座標をもつ点座標形式で記述されているとする。二次元平面に配置された点パターンとして点を与えられている場合でも、この点座標形式に容易に変換することができ、この形式は一般性を失うものではない。

なお、多数ある点の順序は任意であるとする。そのため、点番号は任意に設定されているとする。

新しく考案したブロック分類に基づく点パターン照合法の手順を第8図に示す。この手順は、先ずステップ800で対象点パターンをある大きさのブロック(第1図100で示す)に分割し、ブロックごとに対象点(第1図103で示す)を分類する。第1図には、対象点パターンをブロックに分けた例を示す。さらに、ステップ801で群番点パターンに対しても同じ大きさのブロックに分割し、ブロックごとに群番点を分類する。第2図には、群番点パターンをブロック200に分け

(15)

り、要素の個数はブロックの個数となつている。

ついで、ステップ802で示すブロック照合過程では、この対象ブロックパターンと群番ブロックパターンに対してブロックごとに照合を行う。この時、対象ブロックパターン上を探索し、最も群番ブロックパターンと一致する対象ブロックパターン内の位置を求める。最後に、ステップ803で示すようにこの位置において、各ブロックに属する群番点と対象点との照合を行い、最もよく一致する対象点を抽出する。この時、対応するブロックに属する点に限定して照合を行い、距離計算の回数を削減している。

以下に各処理過程を詳述する。

対象点のブロック分類において、これらの対象点を分割したブロックに分類する手順を第10図に示す。この分類過程では、対象点の座標を基にその点が属するブロックを容易に決定することができる。今、ブロックの大きさを横 N_x 、縦 N_y とする。また、ブロックの横方向の番号を U 、縦方向の番号を V と表記する。この時、ステップ

(17)

た例を示す。この時、単純に点をブロックに分類するのでは、点の属するブロックは分割するブロックの境界位置に依存する。このため、群番点のブロック分類を行う過程では、分割したブロックにある群番点はこのブロックを含め隣接する4つのブロックに群番点があるものとみなし、4通りの分類を用意しておく。例えば、第2図において群番点 $Q(1)201$ は4つのブロック $(1, 1)200$ 、 $(2, 1)202$ 、 $(1, 2)203$ 、 $(2, 2)204$ に属すると分類する。これにより、群番点はこの4つのブロックのいずれかに属することになり、群番点の分類は、分割するブロックの境界位置に依存しないようにすることができる。なお、この対象点及び群番点のブロック分類過程では、対象点と群番点をもとに、対象ブロックパターン及び群番ブロックパターンを生成する。第9図(a)に対象ブロックパターン901の例を、第9図(b)に群番ブロックパターン902の例を示す。これらブロックパターンの要素の値は、後述するが、ブロックに属する点の個数であ

(16)

1000において、対象点番号 i をもつ対象点 $P(i)$ 、但しその座標 $(X(i), Y(i))$ 、が属するブロックの番号 $U(i)V(i)$ は、次式となる。

$$\begin{aligned} U(i) &= [X(i)/N_x + 1] \\ V(i) &= [Y(i)/N_y + 1] \end{aligned} \quad \dots (7)$$

但し、 $[]$ はガウス記号であり、 $i = 1 \sim m$ 、また $U(i)$ 、 $V(i)$ は正の整数である。

この処理過程では、第11図に示したように、ブロック番号ごとに対象点を分類し出力する。即ち、ブロック番号 (U, V) に対して、ブロックに属する対象点の個数 $F(U, V)$ と対象点番号 $i(1; U, V)$ 、但し $1 = 1 \sim F(U, V)$ 、がテーブル形式で出力される。ここで、 $F(U, V)$ を対象ブロックパターンと呼ぶ。

群番点のブロック分類において、これらの群番点をブロックに分類する手順を第12図に示す。対象点のブロック分類過程と同じく、ブロックの大きさを横 N_x 、縦 N_y とする。また、ブロックの横方向の番号を u 、縦方向の番号を v と表記する。この時、ステップ1201において群番番号 j をもつ

(18)

辞書点 $Q(j)$ 、但しその座標 $(x(j), y(j))$ が、属するブロックの番号 $(u_1(j), v_1(j))$ は、(7)式と同じく次式となる。

$$\begin{aligned} u_1(i) &= [x(i)/N_x + 1] \\ v_1(i) &= [y(i)/N_y + 1] \end{aligned} \quad \dots (7)$$

但し、 $[\]$ はガウス記号であり、 $j = 1 \sim m$ 、また u, v は正の整数である。

ブロックの始点の位置によつては隣接するブロックに辞書点が属する可能性がある。そこで、ステップ1202において辞書点が属するブロック番号は、上式で求めたブロックの他に、隣接するブロックにも辞書点が属するとする。隣接するブロックの番号 $(u_2(j), v_2(j))$ 、 $(u_3(j), v_3(j))$ 、 $(u_4(j), v_4(j))$ 、 $(u_5(j), v_5(j))$ として次式を採ることとする。

$$\begin{aligned} (u_2(j), v_2(j)) &= (u_1(j) + 1, v_1(j)) \\ (u_3(j), v_3(j)) &= (u_1(j), v_1(j) + 1) \\ (u_4(j), v_4(j)) &= (u_1(j) + 1, v_1(j) + 1) \end{aligned} \quad \dots (8)$$

これらのブロックは(8)式でブロックの右下方に隣接するブロックを表している。このため、

(19)

ブロックパターンのブロック番号を求める。このブロック照合の手順を第15図に示す。ここで、対象ブロックパターン $F(U, V)$ 内で辞書ブロックパターン $G(u, v)$ との照合を求めるために辞書パターンを移動させる範囲、即ち探索領域を B とする。この時、ブロックパターンの照合で一致の程度が最大となる時、即ち次式、

$$B = \max_{(U,V) \in B} \left\{ \sum_{u=1}^c \sum_{v=1}^d \varepsilon(F(U+u-1, V+v-1), G(u, v)) \right\} \quad \dots (10)$$

を満たすブロック位置におけるブロック番号

$(U_0(z), V_0(z))$ を求める。なお、添字 z は、 $z = 1 \sim Z$ であり、整数 Z は一致の程度が最大となる位置の個数を表す。また、関数 ε は最小値を求めるもので次式で定義される。

$$\varepsilon(\alpha, \beta) = \begin{cases} \alpha & (\alpha \leq \beta) \\ \beta & (\alpha > \beta) \end{cases} \quad \dots (11)$$

また、ここで辞書ブロックの個数を横 $c \times$ 縦 d としている。

ブロック内の点照合手順を以下に説明する。

先のブロック照合過程では、辞書ブロックパ

(21)

(8)、(9)式より、辞書点は4つの辞書ブロックに属していると登録することになる。このようにすれば、実際に対象点が与えられると、ブロックの始点位置に拘らず4つのブロックのいずれかに属することになる。

この処理過程では、第13図に示すように、辞書点 $Q(j)$ に属するブロック番号 $(u_0(j), v_0(j))$ 、但し $0 = 1 \sim 4$ 、をテーブル形式で出力する。また、次のブロック照合過程を用いるため、第14図に示すように、ステップ1203と1204に示すようにブロック番号 (u, v) ごとにそのブロックに属する辞書点の個数 $G(u, v)$ 及び辞書点番号 $j(t; u, v)$ 、但し $t = 1 \sim G(u, v)$ も出力する。ここで、 $G(u, v)$ を辞書ブロックパターンと呼ぶ。

ブロック照合の手順を以下に説明する。

対象点及び辞書点のブロック分類過程において生成した対象ブロックパターン $F(U, V)$ と辞書ブロックパターン $G(u, v)$ に対して、パターンの要素ごとの照合を行い、最も一致する対象

(20)

パターン $G(u, v)$ と最も一致する対象ブロックパターン $F(U, V)$ の位置 $(U_0(z), V_0(z))$ を求めた。ここでは、第16図に示した手順のように、ステップ1600において不一致の程度が最小となるそれぞれにブロック位置 $(U_0(z), V_0(z))$ 、但し $z = 1 \sim Z$ 、において点の照合を行ない、辞書点に最も一致する対象点を求める。

そのため、先ず、辞書ブロックに対応する対象ブロックに属する対象点に限定して、先に述べた個々の辞書点との重ね合せを行なう。即ち、今、ステップ1601に示すように辞書点 $Q(j)$ に対して、 $(u_0(j), v_0(j))$ にある辞書ブロックに対応する対象ブロックの位置として、 $(U_0(z) + u_0(j) - 1, V_0(z) + v_0(j) - 1)$ をとり、この対象ブロックに属する対象点番号を i ($i = 1(u_0(j), v_0(j)) ; U_0(z) + u_0(j) - 1, V_0(z) + v_0(j) - 1$) と表す。但し、 $i(u_0(j), v_0(j))$ は、対象ブロックに属する対象点を識別するものであり、ブロック内対象点番号と呼ぶ。また、この値は $i(u_0(j), v_0(j)) = 1 \sim F$

(22)

$(U_0(z) + u_s(j) - 1, V_0(z) + v_s(j) - 1)$ であるとおく。本高速化方式では、対応するブロックに存在する対象点に限定して群番点との重ね合せを行う。このため、ステップ1602に示すように群番点パターンの平行移動量 $\Delta x(i, j)$ 、 $\Delta y(i, j)$ は(1)式において、点番号 i に次式、

$$i = 1(\Delta x(u_s(j), v_s(j))) \\ ; U_0(z) + u_s(j) - 1, V_0(z) + v_s(j) - 1 \quad \dots (12)$$

を代入し、また j に j を代入した値となる。(12)式右辺の第2、3項は対象ブロック番号であり、また、第1項はブロック内対象点番号を表している。

このように、群番点 $Q(j)$ と重ね合せをする対象点 $P(i)$ の範囲を、対応するブロック $(u_s(j), v_s(j))$ に属する対象点に限定しており、重ね合せのための点の組合せ回数を低減することができる。

次いで、この群番点 $Q(j)$ と対象点 $P(i)$ とを重ね合せた状態において、おのおのの群番点 Q

(23)

となる。

上式の実行では、群番点 $Q(k)$ に属するブロック $u_s(k), v_s(k)$ に対応する対象ブロックにある対象点 $P(h)$ に限定して、対象点と群番点との距離計算を行っている。このため、距離計算の回数を低減することができる。

さらに、ステップ1604においてそれらの点間の距離の内、最小距離となる対象点を求める。即ち、最小距離は次式で表される。

$$e'(i, j; P(h_0), Q(k)) \\ = \min_{s} [\min_{s} (e(i, j; P(h), Q(k)))] \\ \Delta x(u_s(k), v_s(k)) \quad \dots (16)$$

但し、

$$h_0 = h_0(\Delta x(u_s'(k), v_s'(k), z; i, j); \\ U_0(z) + u_s'(k) - 1, V_0(z) + v_s'(k) - 1; \\ i, j) \quad \dots (17)$$

である。

なお、この最小となる時の $\Delta x(u_s'(k), v_s'(k))$ の値は、ブロックの位置 $(u_s'(k), v_s'(k))$ 、その群番点の個数 $t_s(u_s'(k), v_s'(k))$ 、一

(25)

(k) に対して、対象点 $P(h)$ との間の距離を求める。但し、 h は対象点番号を、 k は群番点番号を表し、次式で記述することができる。

$$h = h(\Delta x(u_s(k), v_s(k)); U_0(z) + u_s(k) - 1, \\ V_0(z) + v_s(k) - 1; i, j) \quad \dots (13)$$

$$k = k(i, j) \quad \dots (14)$$

なお、(13)(14)式右辺の i, j は群番点 $Q(j)$ と対象点 $P(i)$ とを重ね合せたことを示している。また、 $\Delta x(u_s(k), v_s(k))$ は、群番点 $Q(k)$ に属するブロックに対応した対象ブロックにおけるブロック内対象点番号である。また、この値は、 $\Delta x(u_s(k), v_s(k)) = 1 \sim F(U_0(z) + u_s(k) - 1, V_0(z) + v_s(k) - 1)$ である。さらに、 $s = 1 \sim 4$ である。

この時、ステップ1603に示すように群番点 Q (k) と対象点 $P(h)$ との間の距離 e は、

$$e(i, j; P(h), Q(k)) \\ = \{X(h) - x(k) + \Delta x(i, j)\}^2 \\ + \{Y(h) - y(k) + \Delta y(i, j)\}^2 \quad \dots (15)$$

(24)

致の粗度が最大となる箇所の番号 z 及び重ね合せを行う対象点 i と群番点 j を変数とするため、この値を $\Delta x^0(u_s'(k), v_s'(k), z; i, j)$ と記述している。

さらに、この最小距離 e' と、予め設定した所定値 δ との大小を比較し、所定値 δ よりこの距離 e' が小さければこの対象点を群番点に一致するとみなし、候補点とする。一方、この距離 e' が所定値 δ より大きければ群番点に対応する候補点はないと判定する。なお、対応する対象ブロックに対象点がない場合は、群番点に対応する候補点はないとする。

このように、群番点に一致すると判定された候補点の個数を計数し、すべての群番点に対して候補点の総和を求める。この総和は、ステップ1605及び1606より

$$N_0(i, j) = \sum_{k=1}^n \eta(e'(i, j; P(h_0), Q(k)) - \delta) \quad \dots (18)$$

但し、関数 $\eta(\alpha)$ は次式を満たす。

(26)

$$\gamma(\alpha) = \begin{cases} 0 & (\alpha \leq 0) \\ 1 & (\alpha > 0) \end{cases} \quad \dots (19)$$

なお、 $Q(j)$ と $Q(k)$ が同一の場合、 $P(i) = P(h)$ の場合の距離が最小(零値)となるため、(15)式の距離計算をする必要はない。

この総和 $N_c(i, j)$ が最大となる重ね合わせにおいて、辞書点パターンと対象点パターンとが、最も一致すると判定する。今、対象点 $P(i_0)$ と辞書点 $Q(j_0)$ とを重ねた時、この総和が最大とする。即ち、対象点番号と辞書点番号が次式、

$$i_0 = i(z_0(u_s'(j_0), v_s'(j_0)));$$

$$U_0(z_0) + u_s'(j_0) - 1, V_0(z_0) + v_s'(j_0) - 1 \quad \dots (20)$$

を満たす時、総和が最大となる。但し、辞書点番号 j_0 は辞書ブロック $(u_s'(j_0), v_s'(j_0))$ にあるとする。さらに、対象ブロックの位置は、 $z = z_0$ とし、対応する対象ブロックのブロック内対象番号は、 $z_0(u_s'(j_0), v_s'(j_0))$ であるとする。

この時、ステップ1607に示すように総和の最大値 $N_c'(i_0, j_0)$ は、次式を満たす。

$$(27)$$

ターン照合法では、辞書点 $Q(j)$ に対して、対象点 $P(i)$ と重ね、それぞれの辞書点 $Q(k)$ と対象点との距離計算に基づいて、この辞書点 $Q(k)$ と一致すると判定される対象点の個数を計数している。この時、SSDA法によれば、(8)式右辺で示される計算を $k = 1 \sim n$ までにおわたつて実行せず、なんらかの判定に基づいて、この計算を途中で打ち切り、次の重ね合わせのための対象点 $P'(i)$ に移るようにすれば、距離計算の回数の低減が期待できる。そこで、先ず、(8)式右辺において累積計算をしている途中で、辞書点に一致する対象点が無いという条件を満たす辞書点の個数を計数する。この値が予め設定している所定値 N より大きくなれば、辞書点 $Q(j)$ に対して重ね合わせる対象点 $P(i)$ の選択が適切でないと判断し、次の対象点を選択し、同じく照合を行う。この累積計算を途中で打ちきる条件は、以下の式で表される。

$$\sum_{k=1}^{n_1} (1 - \gamma(s'(i, j; P(h_0), Q(k)) - \delta)) > N. \quad \dots (22)$$

$$(29)$$

$$N_c'(i_0, j_0) = \max_z \left(\max_j \left(\max_s \left(\max_{s'} (N_c(\tilde{i}, \tilde{j})) \right) \right) \right) \quad \dots (21)$$

辞書点パターンに対して最も一致すると判定される対象点パターンは、 i_0, j_0 を(17)、(14)式に代入して簡単に求めることができる。

ここでは、先に述べたブロック分類型点パターン照合法をさらに高速化するため、兩院院士の照合の高速化によく用いられるSSDA法(Sequential Similarity Detection Algorithm, 逐次検定法)を適用する方法について述べる。このSSDA法の基本的な概念は、例えば文獻、嶋、柏岡、江尻：“部分画像の出現確率を用いた高速化パターンマッチング方式”電子通信学会論文誌(D)'85/2 Vol. J68-D, No. 2, pp. 161-168 (昭60-02)に記載されている。本発明では、このSSDA法と、先に述べたブロック分類型点パターン照合法を組み合わせることによつて、さらに高速化が達成できる。ブロック分類型パ

$$(28)$$

但し、 n_1 は $1 \leq n_1 \leq n$ なる整数とする。

また、この照合打ち切りに基づくブロック分類型点パターン照合法の手順を図17に示す。ステップ1700及び1701により上式の判定を行う。他のステップについては図18と同様である。上式の判定において、重ね合わせが適切でないと判定されると、ステップ1702の(L1)で示した手順に飛び、再び照合演算を行う。

計算機実験に用いた対象点パターン Π は、擬似的な乱数に基づき生成する。ここでは、区間(0, 1)までの値をもつ正規乱数を、対象点の存在する座標点で発生する。対象点 $P(i)$ の存在する範囲を、 $1 \leq X(i), Y(i) \leq 256$ とする。また、正規乱数の平均値を0.5、標準偏差を0.1とした。乱数に対してしきい値処理を行い、しきい値より大きい場合、対応する座標値に点パターンの点があるとし、その座標値を登録する。第18図に対象点パターンの例を示す。

また、この実験では、対象点パターンにおけるブロックの大きさを $N_s = N_r = 8$ とする。従つて、

$$(30)$$

対象ブロックの個数は、 $a = b = 32$ である。

一方、辞書点パターンにも同じく擬似的な乱数を基に生成する。この実験では、辞書ブロックの個数は、 $c = d = 8$ とする。また、辞書点パターンにおけるブロックの大きさは、同じ $N_x = N_y = 8$ とする。(9)式で示した右方向のブロックにも辞書点が存在すると登録するため、辞書点 $Q(j)$ の存在する範囲は、従つて、 $1 \leq x(j), y(j) \leq 56$ としている。第19図に辞書点パターンの例を示す。

辞書点と一致する対象点の抽出結果の例を第22図に示す。ここでは、例え、図(a)では、第18図(a)に示す対象点パターン ($m = 736$) に対して第19図(a)に示す辞書点パターン ($n = 38$) と最も一致する点の集合を求めたものである。

第23図に辞書点パターンを一定とした場合における対象点の点数と距離計算との関係を示す。なお、この実験では、(18)式中の最小距離に対する閾値 δ は $\delta = 8$ としている。

(31)

本発明によれば、点間の距離計算の回数を低減することができるので、点パターン照合を高速に実行することができる。

図面の簡単な説明

第1図は対象点パターンのブロック分類の説明例、第2図は辞書点パターンのブロック分類の説明例、第3図は点パターンの例、第4図は点パターン照合法の手順、第5図は距離計算のための点の組み合わせの例、第6図は点パターン照合法の処理過程の説明、第7図は点のデータ形式、第8図はブロック分類型の点パターン照合法の概略手順、第9図はブロックパターンの例、第10図は対象点のブロック分類手順、第11図はブロック別の対象点テーブルの例、第12図は辞書のブロック分類手順、第13図は辞書点列ブロック番号の例、第14図はブロック別辞書点テーブルの例、第15図はブロック照合手順、第16図はブロック内の点照合の手順、第17図は照合打ち切りに基づくブロック分類型点パターン照合法の手順、第18図はランダムに配置された対象点パターンの

(33)

これらの結果より、対象点パターンのブロックの個数 $a = b = 32$ 、辞書点パターンのブロックの個数 $c = d = 8$ 、ブロックの大きさ $N_x = N_y = 8$ とした場合で、例えば、 $m = 905$ 、 $n = 38$ において距離計算回数は4980457回 ($= 5.0 \times 10^6$) であった。一方、単純な方式では距離計算回数は、(6)式より、 $n(n-1)m^2 = 1.152 \times 10^8$ 回である。この単純な点パターン照合法の距離計算回数と比較して、230倍の高速化が達成されている。なお、この時の高速化方式の距離計算時は、大型計算機で53.3秒であった。

さらに、第24図に照合打ち切りを併用した場合のブロック分類型点パターン照合法における、距離計算回数と対象点数との関係を示す。ここでは、辞書点数 n は一定とし、 $n = 38$ としている。また、(18)式中の最小距離に対する閾値 δ は $\delta = 8$ としている。

$N_i = 0$ の場合、さらに一桁の高速化が実現されている。

〔発明の効果〕

(32)

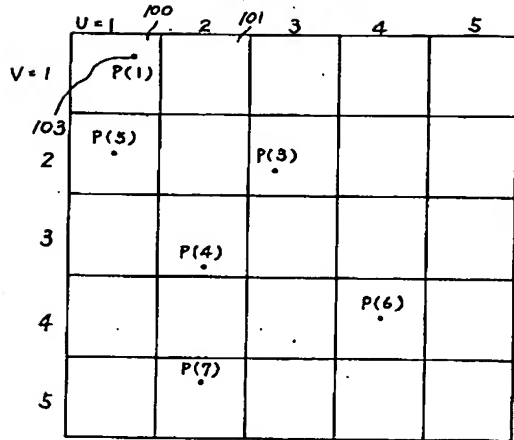
例、第19図はランダムに配置された辞書点パターンの例、第20図は辞書点と一致する対象点の抽出結果の例、第21図は対象点個数と距離計算回数の実験結果、第22図は途中打ち切りを併用した場合の実験結果である。

100...対象点ブロック、103...対象点、200...辞書点ブロック、201...辞書点、700...対象点座標テーブル、701...辞書点座標テーブル、901...対象ブロックパターン、902...辞書ブロックパターン。

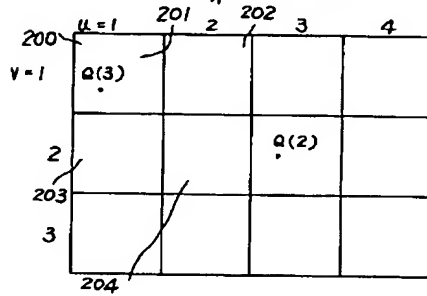
代理人 弁理士 小川勝男

(34)

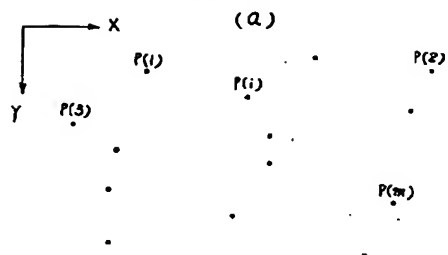
第 1 図



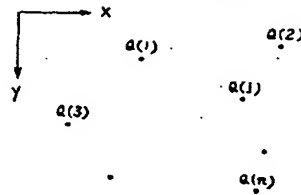
第 2 図



第 3 図

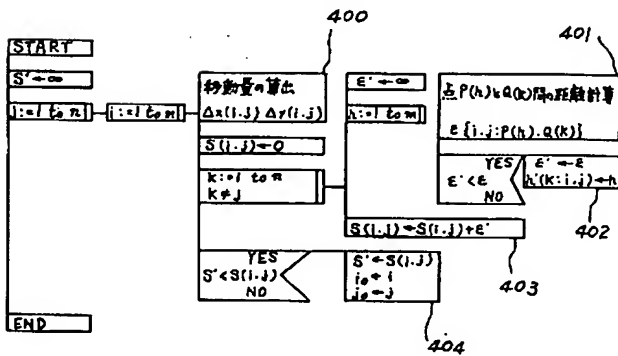


(b)



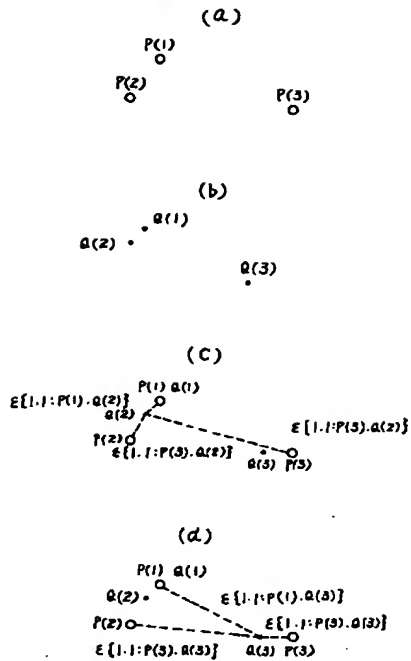
第 5 図

第 4 図



一致させる 対象点と対象点	距離計算を行う点対		
	Q(1)	Q(2)	Q(3)
Q(1), P(1)	—	P(1)	P(1)
	—	P(2)	P(2)
	—	P(3)	P(3)
Q(1), P(2)	—	P(1)	P(1)
	—	P(2)	P(2)
	—	P(3)	P(3)
Q(1), P(3)	—	P(1)	P(1)
	—	P(2)	P(2)
	—	P(3)	P(3)
Q(2), P(1)	P(1)	—	P(1)
	P(2)	—	P(2)
	P(3)	—	P(3)
Q(2), P(2)	P(1)	—	P(1)
	P(2)	—	P(2)
	P(3)	—	P(3)
Q(2), P(3)	P(1)	—	P(1)
	P(2)	—	P(2)
	P(3)	—	P(3)
Q(3), P(1)	P(1)	P(1)	—
	P(2)	P(2)	—
	P(3)	P(3)	—
Q(3), P(2)	P(1)	P(1)	—
	P(2)	P(2)	—
	P(3)	P(3)	—
Q(3), P(3)	P(1)	P(1)	—
	P(2)	P(2)	—
	P(3)	P(3)	—

第 6 図



第 7 図

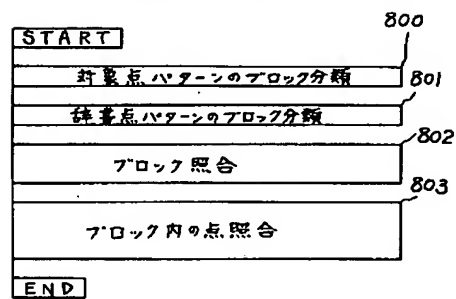
(a)

点番号	点座標
1	X_1, Y_1
2	X_2, Y_2
...	...
m	X_m, Y_m

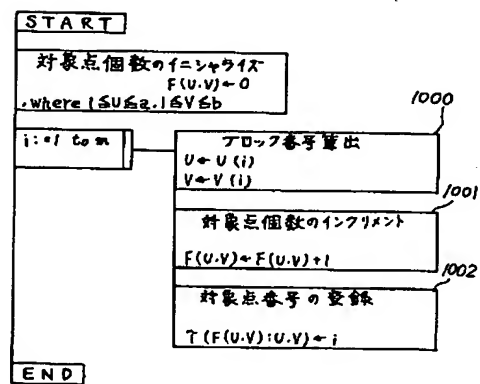
(b)

点番号	点座標
1	X_1, Y_1
2	X_2, Y_2
...	...
n	X_n, Y_n

第 8 図



第 10 図



第 9 図

(a)

	U=1	2	3	4	5
V=1	1	0	0	0	1
2	1	0	1	0	0
3	0	1	0	0	0
4	0	0	0	1	0
5	0	1	0	0	0

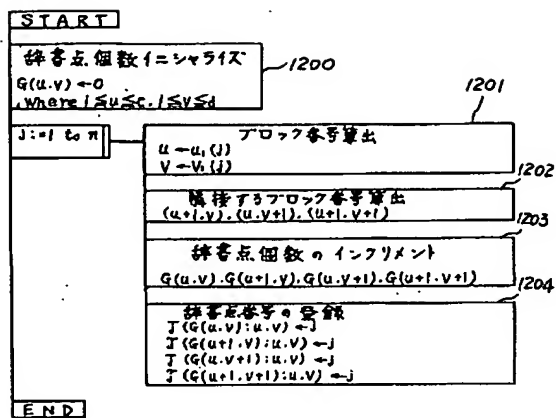
(b)

	U=1	2	3	4
V=1	2	2	0	0
2	2	2	1	1
3	0	0	1	1

第 11 図

対象点ブロック番号 (U, V)	対象点個数 F(U, V)	対象点番号
(1, 1)	2	1, 2
(2, 1)	4	3, 5, 8, 7
(3, 1)	3	4, 6, 9
...
(a, b)

第 12 図



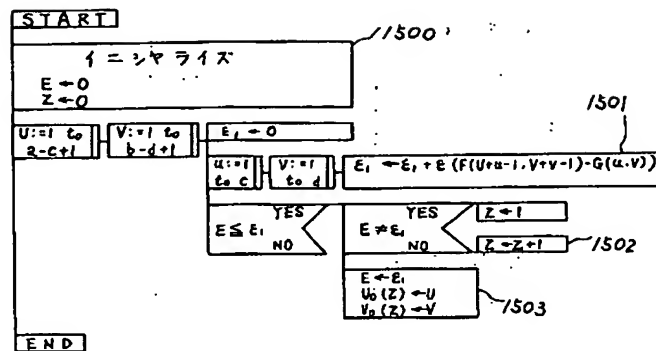
第 13 図

辞書点番号	ブロック番号			
j	$(u_1(j), v_1(j))$	$(u_2(j), v_2(j))$	$(u_3(j), v_3(j))$	$(u_4(j), v_4(j))$
1				
2				
...				
n				

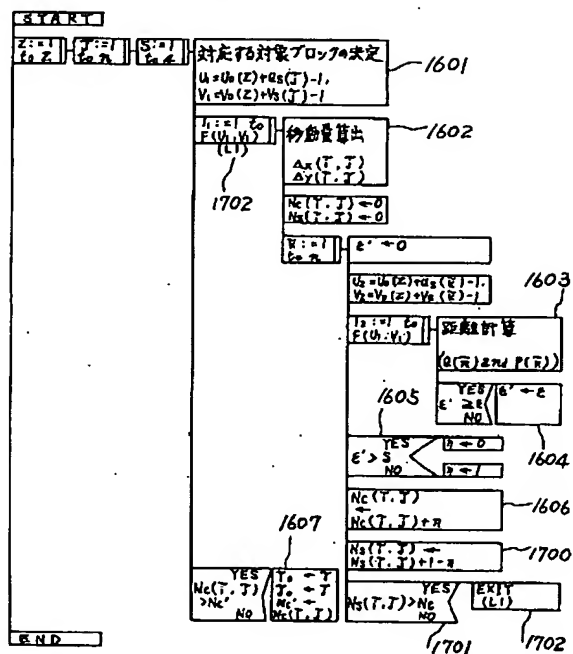
第 14 図

辞書点ブロック番号	辞書点個数	辞書点番号
(u, v)	$G(u, v)$	
(1, 1)	2	1, 4
(2, 1)	1	2
(3, 1)	3	3, 4, 5
...
(C, d)

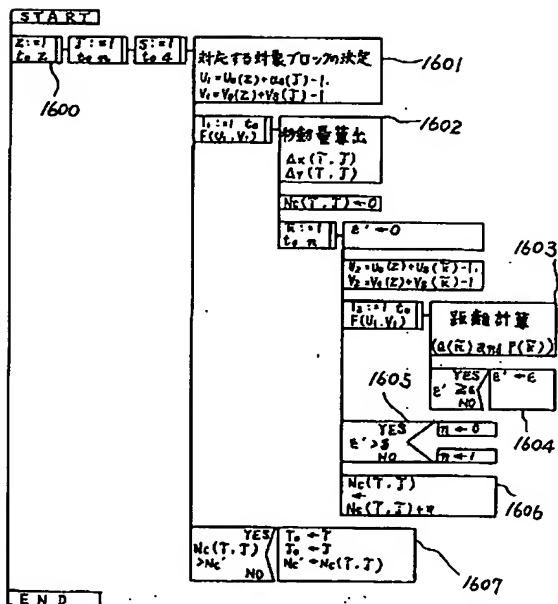
第 15 図



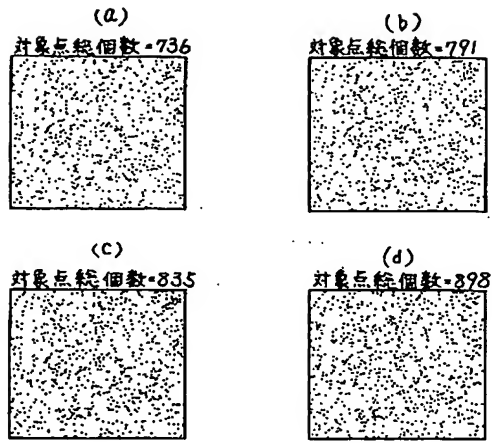
第 17 図



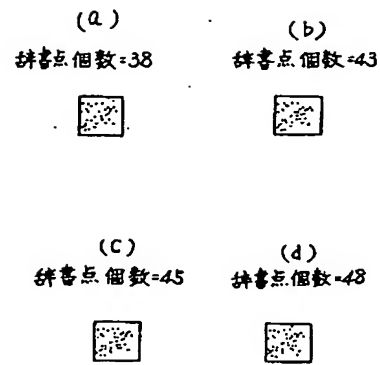
第 16 図



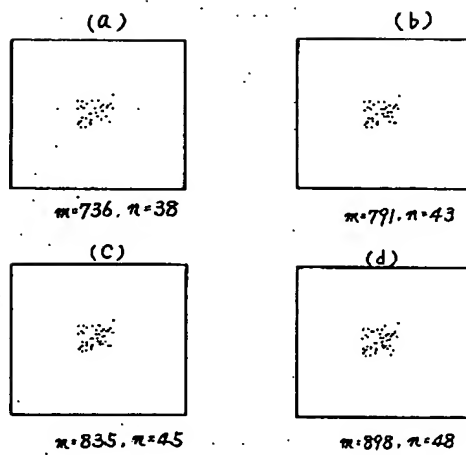
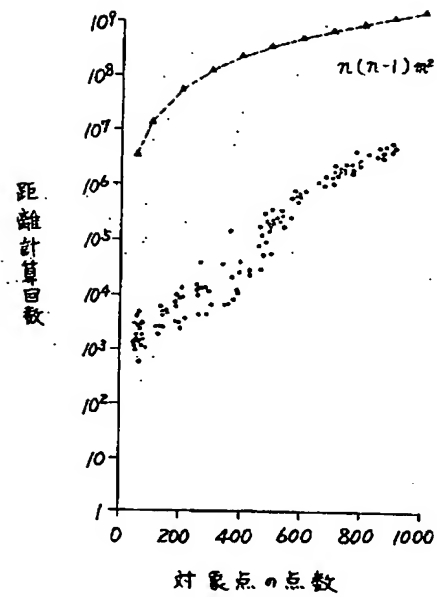
第 18 図



第 19 図



第 20 図

第 21 図
辞書点の点数
 $n=38$ 

第 22 図

辞書点の点数
 $n = 38$

